

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-203711
(43)Date of publication of application : 30.07.1999

(51)Int.Cl.

G11B 7/135

(21)Application number : 10-002227
(22)Date of filing : 08.01.1998

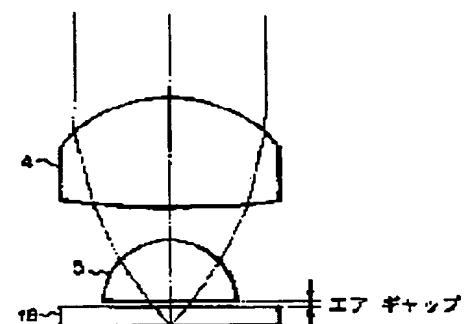
(71)Applicant : CANON INC
(72)Inventor : NISHIKAWA KOICHIRO

(54) OPTICAL SYSTEM HAVING LARGE NUMERICAL APERTURE AND OPTICAL INFORMATION RECORDING AND REPRODUCING DEVICE USING SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical system having a large numerical aperture and an optical information recording/reproducing device using the same capable of designing/manufacturing an objective lens and easily performing the performance inspection.

SOLUTION: In an optical system converging a light beam emitted from a light source on the information surface of an information recording medium through a transparent protection substrate part 16, it is provided with an objective lens 4 individually having at least the image forming performance of a diffraction limit and an almost semispherical convex spherical lens 5 provided between the objective lens 4 and the transparent protection substrate part 16 of the recording medium and the planar part of the convex spherical lens 5 is arranged by separating it by a prescribed air gap from the transparent protection substrate part 16.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C) 1998,2003 Japan Patent Office

4/5

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-203711

(43)公開日 平成11年(1999)7月30日

(51)Int.Cl.[®]
G 11 B 7/135

識別記号

F I
G 11 B 7/135

A

審査請求 未請求 請求項の数5 O.L (全8頁)

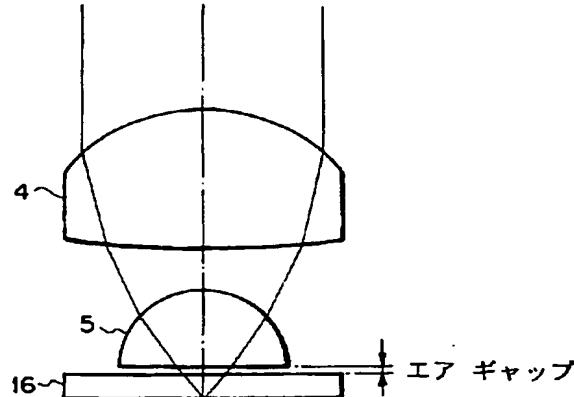
(21)出願番号 特願平10-2227
(22)出願日 平成10年(1998)1月8日(71)出願人 000001007
キヤノン株式会社
東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(72)発明者 西川 幸一郎
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内
(74)代理人 弁理士 山下 穣平FP64-0079-
00W0-HP
'04.7.13
SEARCH REPORT

(54)【発明の名称】 高開口数光学系及びそれを用いた光学的情報記録再生装置

(57)【要約】

【課題】 対物レンズの非球面の程度を大きくすると設計製造が難しく、また、検査も容易に行うことができない。

【解決手段】 光源から発した光束を情報記録媒体6の情報面上に透明保護基板部16を通して集光する光学系において、少なくとも単独で回折限界の結像性能を有する対物レンズ4と、対物レンズ4と記録媒体6の透明保護基板部16との間に設けられた略半球形状の凸球面レンズ5とを備え、凸球面レンズ5をその平面部を透明保護基板部16に対して所定のエアギャップを置いて配置する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源から発した光束を情報記録媒体の情報面上に透明保護基板部を通して集光する光学系において、少なくとも単独で回折限界の結像性能を有する対物レンズと、前記対物レンズと前記記録媒体の透明保護基板部との間に設けられた略半球形状の凸球面レンズとを備え、前記凸球面レンズをその平面部を前記透明保護基板部に対して所定のエアギャップを置いて配置したことを特徴とする高開口数光学系。

【請求項2】 前記対物レンズ、凸球面レンズ及び前記記録媒体の透明保護基板部を含む光学系の開口数は、0.8以上、0.92以下であることを特徴とする請求項1に記載の高開口数光学系。

【請求項3】 前記凸球面レンズの球面の曲率半径をa、凸球面レンズの厚みをSd、前記記録媒体の透明保護基板部の厚みをtとした場合、 $(Sd + t - a) / a$ の値は、0よりも大きく、0.9以下であることを特徴とする請求項1に記載の高開口数光学系。

【請求項4】 前記凸球面レンズの平面部と前記透明保護基板部との間隔は0~20μmに設定されていることを特徴とする請求項1に記載の高開口数光学系。

【請求項5】 光源から発した光束を情報記録媒体の情報面上に透明保護基板部を通して集光することにより情報を記録し、あるいは記録情報を再生する光学的情報記録再生装置において、請求項1の高開口数光学系を有することを特徴とする光学的情報記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光源からの光束を光学的情報記録媒体に集光することにより情報を記録し、あるいは記録情報を再生する光学的情報記録再生装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 近年、光ディスク等の記録媒体を用いた光学的情報記録再生装置においては、より高密度で情報を記録することが要求されている。このような要求に応えるために、例えば、特開平8-315404号公報で高NAを達成した光学系に関する技術が提案されている。同公報においては、凸球面レンズ、所謂ソリッドイマージョンレンズ (Solid Immersion Lens ; SIL) を対物レンズと記録媒体の間に配置することで高NA光学系を実現している。具体的には、対物レンズの形状、凸球面レンズの曲率半径と厚み、記録媒体の透明保護基板部の厚み、更には凸球面レンズと透明保護基板部の間隔を最適化することによって高NA光学系を達成している。

【0003】 ところで、完全半球の凸球面レンズのソリッドイマージョンレンズに対し、対物レンズからの光線は凸球面レンズの球面に垂直に入射し、凸球面レンズの平面に結像している場合を基準として凸球面レンズの厚みを変化させると、その厚みが大きくなるにつれて球面収差(正の極性)が発生する。図9はこの場合の凸球面

レンズの厚みの変化値 Δt (mm)と球面収差W40 (λ_{HeNe}) の関係を示している。W40は3次の球面収差を表わしている。図9から明らかのように Δt が大きくなるほど球面収差W40が大きくなっている。

【0004】 また、凸球面レンズ内に空気層(エアギャップ)を設けた場合は、上記基準状態に対して、空気層の厚みが大きくなるにつれて上記の場合とは逆極性の球面収差(負の極性)が発生する。図10はこの場合の空気層の厚みair gap (μm)と球面収差の関係を示している。このようにソリッドイマージョンレンズを使用する場合は、容易に球面収差が発生するので、大きな障害となり、これをどう解決するかが課題であった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 先に挙げた特開平8-315404号公報の場合は、光学系の形態として、凸球面レンズの厚みを増して凸球面レンズをエアギャップを介して上下2つに分離し、一方が記録媒体の透明保護基板部に相当する構成としている。従って、発生する球面収差は課題である。ところが、上記従来例の場合、凸球面レンズの曲率半径と厚み、記録媒体の透明保護基板部の厚み、更に凸球面レンズと透明保護基板部の間隔に対して、対物レンズの形状を最適化している。即ち、凸球面レンズの厚みを増し、エアギャップを設けたことによって発生する球面収差を対物レンズの形状によって相殺している。

【0006】 従って、対物レンズは単体で図11に示すように大きな正の球面収差を持っている。図11は対物レンズ入射瞳上の入射高を縦軸に、球面収差を横軸にとった球面収差曲線図である。一方、一般に球面の単レンズは負の球面収差を持っており、上記従来例の場合、対物レンズの非球面の程度を非常に大きくすることによって図11のような特性を得ている。しかしながら、このように対物レンズの非球面の程度を大きくすると、設計、製造が難しく、コスト高になるという問題があった。

【0007】 また、従来の光ディスク用光ヘッド装置では、NAが0.5~0.6の対物レンズが用いられ、この場合の対物レンズ単体の性能は図12に示すように負の球面収差を持っている。この負の球面収差は、光ディスクの透明保護基板部に相当する平板ガラスを挿入することによって相殺することができる。よって、従来の光ディスク用光ヘッド装置で対物レンズの性能検査を行う場合は、前述のように平板ガラスを用いて球面収差を無収差とすることにより、容易に性能検査を行うことが可能である。

【0008】 しかしながら、上記従来例の場合は、所定の凸球面レンズと記録媒体の透明基板部に相当する平板ガラスを用意し、更に、所定のエアギャップを設けることによって初めて無収差となるので、対物レンズの検査50は決して容易ではなかった。また、実際に対物レンズを

検査する場合は、対物レンズは非常に大きなNAのままで検査することになるので、凸球面レンズや平板ガラスなどを配置する上でわずかな誤差が検査結果の誤差となって現われ、検査を精度よく行うことができなかつた。

【0009】本発明は、上記従来の問題点に鑑み、対物レンズの設計製造を容易とし、性能検査も容易に行うことなどが可能な高開口数光学系及びそれを用いた光学的情報記録再生装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の目的は、光源から発した光束を情報記録媒体の情報面上に透明保護基板部を通して集光する光学系において、少なくとも単独で回折限界の結像性能を有する対物レンズと、前記対物レンズと前記記録媒体の透明保護基板部との間に設けられた略半球形状の凸球面レンズとを備え、前記凸球面レンズをその平面部を前記透明保護基板部に対して所定のエアギャップを置いて配置したことを特徴とする高開口数光学系によって達成される。

【0011】また、上記高開口数光学系を有することを特徴とする光学的情報記録再生装置によって達成される。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。図1は本発明の一実施形態の構成を示す図である。図1において、1は記録再生用光源として用いられる半導体レーザである。半導体レーザ1から発したレーザビームはコリメータレンズ2で平行化された後、ビーム整形付きビームスプリッタ3を透過し、対物レンズ4に入射する。また、対物レンズ4と記録媒体（光ディスクなど）6の間にはソリッドイマージョンレンズ5が設けられ、対物レンズ4に入射したレーザビームは対物レンズ4、ソリッドイマージョンレンズ5で絞られ、記録媒体6の記録層上に微小光スポットとして集光される。

【0013】記録媒体6から反射したレーザビームはビーム整形付きビームスプリッタ3で入射光束と分離され、1/2波長板7に導かれる。そして、1/2波長板7で偏光面を約45度回転させられ、集光レンズ8、偏光ビームスプリッタ9を経由してセンサ10に入射する。このセンサ10の出力信号は図示しないサーボエラー信号検出回路に送られ、所定の演算処理を行うことによってフォーカスエラー信号及びトラッキングエラー信号が検出される。また、サーボ制御回路（図示せず）において得られたフォーカスエラー信号、トラッキング信号に基づいてフォーカスアクチュエータ、トラッキングアクチュエータ（図示せず）を制御し、回転している記録媒体6の情報トラックに半導体レーザ1からの光スポットが合焦するように、また、光スポットが追従して走査するようにフォーカス制御とトラッキング制御を行う。

【0014】記録媒体6に情報を記録する場合は、例えば半導体レーザ1の光強度を記録用の高強度として記録媒体6のトラックに走査する。一方、光ビームの照射部位に磁気ヘッド12から記録信号に応じて変調された磁界を印加する。このように一定強度の光ビームを照射しながら変調磁界を印加することにより、記録媒体6のトラック上に情報を記録することができる。また、記録媒体6の記録情報を再生する場合は、半導体レーザ1の光強度を再生用の低強度として光ディスク6のトラックに走査する。このとき、センサ10で記録媒体6からの反射光を検出し、図示しない再生回路においてセンサ10の出力信号から得られた再生信号を用いて所定の信号処理を行うことによって再生データを生成する。

【0015】ここで、本実施形態では、対物レンズ4、ソリッドイマージョンレンズ5、記録媒体6の透明保護基板部16からなる構成を光学系11と称し、この光学系11を図2に詳細に示している。図2において、16は記録媒体6の透明保護基板部であり、対物レンズ4と透明保護基板部16の間に略半球形状のソリッドイマージョンレンズ5を設けている。ソリッドイマージョンレンズ5は下方の平面部を透明保護基板部16に対向して配置し、その間に所定間隔のエアギャップを設けている。ソリッドイマージョンレンズ5と透明保護基板部16の屈折率は等しく設定している。

【0016】また、図2から明らかなようにソリッドイマージョンレンズ5への入射光は略垂直あるいは一点鎖線で示す光軸との相対的角度が大きくなるように屈折するので、透明保護基板部16の屈折率をnとすると、光学系11の開口数NAは対物レンズ4単体の場合の開口数のn倍強となり、高NAを達成することができる。また、対物レンズ4は単体の場合、即ちソリッドイマージョンレンズ5、透明保護基板部16がない場合、回折限界の結像性能を有するレンズである。図3(a)は対物レンズ4の単体の場合の球面収差特性を示している。縦軸は対物レンズ入射瞳上の入射高、横軸は球面収差である。図3(a)から明らかなように非常に良く球面収差が抑えられていることがわかる。

【0017】ところで、図9、図10で説明したようにソリッドイマージョンレンズ5の厚みの変化値（完全な半球形状の場合に対するずれ量） Δt とエアギャップの値によって発生する球面収差の極性は逆極性である。本実施形態では、ソリッドイマージョンレンズ5の厚みの変化値 Δt とエアギャップの値を適当に選ぶことにより、発生する球面収差を相殺している。ソリッドイマージョンレンズ5を完全半球とすると、 Δt は透明保護基板部16の厚みに相当する。

【0018】図4～図6は光学系11の開口数をNA、ソリッドイマージョンレンズ5の曲率半径をa（完全半球ならばその厚みはa）、レンズ5の厚みの変化分を Δt （完全半球ならば Δt は透明保護基板部16の厚みと

なる)、 $r = \Delta t / a$ 、レンズ5の平面部と透明保護基板部16とのエアギャップをair gapとした場合の特性を示している。ここで、ソリッドイマージョンレンズ5が不完全な半球である場合も含めて、レンズ5の厚みをSd、透明保護基板部16の厚みをtとすると、

$$\Delta t = (Sd + t) - a \quad \dots (1)$$

$$r = (Sd + t - a) / a \quad \dots (2)$$

となる。

【0019】まず、図4は発生する球面収差を最も良く相殺するように、エアギャップair gapとrを設定した場合の光学系11の開口数NAと波面収差W.A. (λ rms) の関係を示すグラフである。Aは $r = 0.9$ 、Bは $r = 0.5$ 、Cは $r = 0.25$ とした場合のグラフである。一般に、光ディスク装置においては、波面収差のW.A.のrms値の許容限界は $1/14 \lambda$ rmsである。従って、光学系11の劣化成分と他の光学素子の初期状態や光ヘッド全体で動的に発生する成分とで2分されるので、光学系11の劣化成分は $1/20 \lambda$ rmsまで許容されることになる。このように $1/20 \lambda$ rmsまで許容可能とすると、図4に示すようにAの $r = 0.9$ の場合の光学系11の開口数NAは0.92程度まで許容されることがわかる。

【0020】また、本実施形態では、高NAであるので、従来のソリッドイマージョンレンズを使用しない装置に比べて2倍以上の記録容量を実現できる。従来のソリッドイマージョンレンズを使用しない装置では対物レンズ開口数は0.5~0.6程度であるので、2倍以上の記録容量を達成するためには、スポットサイズを $1/1.4$ 以下(NAは1.4倍以上)に縮小する必要がある。よって、ソリッドイマージョンレンズを用いた光学系11のNAは0.5~0.6の約1.4倍のおよそ0.8以上としなければならない。また、光学系11の開口数NAの許容値は前述のように0.92程度であるので光学系11のNAは、

$$0.80 \leq NA \leq 0.92 \quad \dots (3)$$

を満足する必要がある。

【0021】図5は $r = 0.3$ の場合の光学系11の開口数NAとエアギャップair gapとの関係を示すグラフである。図5のグラフより開口数NAが小さいほどエアギャップが大きくなることがわかる。図5で得られた知見により(3)式の範囲では光学系11のNAが

0.8の場合がエアギャップの値は大きいので、光学系11のNAが0.8の場合のrとエアギャップの関係を表わすと図6のグラフとなる。図6のグラフではエアギャップの値は $r = 0.9$ 程度で飽和しているので、rをこれ以上大きくすることはエアギャップでの球面収差の相殺を期待できないことを意味している。従って、rの範囲としては、

$$0.1 < r \leq 0.9 \quad \dots (4)$$

であることが望ましい。

10 【0022】また、図6のグラフにおいては、 $r = 0.9$ のところで示す α はソリッドイマージョンレンズ5と記録媒体6の透明保護基板部16の屈折率nが約1.5の場合のエアギャップの値、 β はその屈折率nが約1.66の場合のエアギャップの値を示している。通常、記録媒体6の透明保護基板部16の材質としてはポリカーボネートが用いられ、屈折率は約1.58である。また、ガラスを用いた場合は、通常屈折率は約1.5程度である。従って、屈折率としては、1.58を中心値として下限は1.5程度と考えてよい。なお、上限である20 ところの屈折率が1.66の場合の β の値は参考値として示している。

【0023】ここで、図6において、 α の値は $20 \mu m$ 弱である。また、エアギャップの値は $r = 0.9$ で飽和するのであるから、エアギャップの範囲としては、

$$0 < air gap \leq 20 \mu m \quad \dots (5)$$

が望ましい。以上は対物レンズ4が単体で回折限界の結像性能を有するレンズである場合の説明であり、逆に(3)~(5)式は光学系11の構成要素である対物レンズ4が回折限界の結像性能を有するレンズであることを許容する条件となる。

【0024】表1は本実施形態による光学系11の具体的な数値を示している。まず、半導体レーザ1の波長は650nm、入射瞳径は $\phi 3.48 \text{ mm}$ 、光学系11の開口数NAは0.87としている。また、ソリッドイマージョンレンズ5は完全半球で、透明保護基板部16の厚み(r_5) 0.4 mm に対し、エアギャップ(r_4)は $10 \mu m$ としている。対物レンズ4は非球面レンズで、非球面係数を表2に示している。

【0025】

40 【表1】

波長	650 nm			
入射瞳径	Φ 3.48 mm			
光学系NA	0.87			
	r	d	glass	n
対物レンズ	r1 2.51889	2.15		1.580380
	r2 -17.73892	0.69306		1
ソリッドイメージョンレンズ	r3 1.2	1.2	ガリウムホウ	1.579669
	r4 infinity	0.01		1
透明保護基板部	r5 infinity	0.4	ガリウムホウ	1.579669
像面	r6 infinity			

【0026】

* * 【表2】

	r 1		r 2
k	-1.09363×10^{-1}	k	-1.39330×10^1
A	-3.51684×10^{-3}	A	3.06829×10^{-8}
B	-4.05489×10^{-4}	B	-4.22723×10^{-6}
C	-2.51364×10^{-5}	C	-2.91558×10^{-4}
D	-1.17289×10^{-6}	D	2.40806×10^{-6}
E	-1.49603×10^{-6}	E	3.97686×10^{-6}

図3 (b) は光学系11の球面収差曲線図であり、球面収差が良く相殺されていることがわかる。このようにして設計製造、性能検査が容易で、単体で回折限界の結像性能を有する対物レンズを用いた光学系で高NAを実現できる。なお、この光学系11は記録媒体6の透明保護基板部16の厚みが増減するときはその厚みに応じてソリッドイメージョンレンズ5の厚みを変化させることによって対応可能である。更に、単体で回折限界の結像性能を有する対物レンズを使用して高NA光学系を構成することの利点として、そのような対物レンズを別の高NA光学系に容易に転用が可能であることが挙げられる。

即ち、エアギャップや透明保護基板部の厚みを変えることによって容易に対物レンズを他の光学系に用いることが可能である。

30 【0027】図7はこのように図1の実施形態で用いた対物レンズ4を別の光学系に用いた場合の例を示している。15はソリッドイメージョンレンズである。また、図7の実施形態の場合の具体的な数値を表3に示している。

【0028】

【表3】

波長	650 nm			
入射瞳径	Φ 3.70 mm			
光学系NA	0.87			
	r	d	glass	n
対物レンズ	r1 2.51889	2.15		1.580380
	r2 -17.73892	0.3451		1
ソリッドイマージョンレンズ	r3 1.6	1.6	シリカガラス	1.579669
	r4 infinity	0.009		1
透明保護基板部	r5 infinity	0.4	シリカガラス	1.579669
像面	r6 infinity			

本実施形態では、半導体レーザ1の波長は650 nm、入射瞳径はΦ 3.70 mm、光学系11の開口数NAは0.87としている。また、ソリッドイマージョンレンズ15は曲率半径(r3)が1.6の完全半球、透明保護基板部の厚み(r5)は0.4 mm、これに対しエアギャップ(r4)は9 μmとしている。なお、開口数NAを揃えるために入射瞳径をΦ 3.7 mmとし、この点が表1と異なっている。因みに、入射瞳径を変えない場合は、エアギャップ10 μmで、光学系の開口数NAは0.82程度である。ここで、本実施形態では、入射瞳径が変わっているので、その場合の対物レンズ4の単体での球面収差曲線図を図8(a)に示している。問題なく単体で回折限界の結像性能を有するレンズとなっている。また、図8(b)は表3の光学系の球面収差曲線図である。図8(b)から球面収差が良く相殺されていることがわかる。

【0029】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、単体で回折限界の結像性能を有する対物レンズを用い、略半球形状の凸球面レンズを対物レンズと記録媒体の透明保護基板部の間にこの基板部に対してエアギャップを介して配置する構成としているので、対物レンズの設計、製造が容易で安価に作製することができ、また、対物レンズの性能検査も容易に精度よく行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態の構成を示す図である。
【図2】図1の実施形態の光学系11を詳細に示す図で*

*ある。

【図3】対物レンズ4と光学系11の球面収差を示す図である。

【図4】光学系11の開口数NAと波面収差の関係を示す図である。

20 【図5】 $r = 0.3$ の場合の光学系11の開口数NAとエアギャップの関係を示す図である。

【図6】光学系11の開口数NAが0.8の場合の r とエアギャップの関係を示す図である。

【図7】本発明の他の実施形態を示す図である。

【図8】図7の実施形態の対物レンズと光学系の球面収差を示す図である。

【図9】凸球面レンズの厚みの変化値 Δt と球面収差の関係を示す図である。

30 【図10】凸球面レンズ内にエアギャップを設けた場合のエアギャップと球面収差の関係を示す図である。

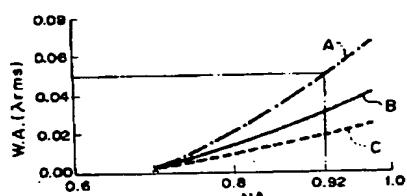
【図11】従来の対物レンズ単体での球面収差曲線図である。

【図12】一般的な光ディスク装置に用いられる対物レンズ単体での球面収差曲線図である。

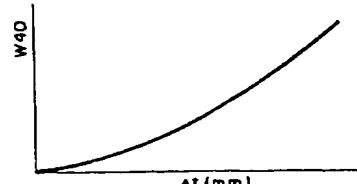
【符号の説明】

- 1 半導体レーザ
- 4 対物レンズ
- 5, 15 ソリッドイマージョンレンズ
- 6 記録媒体
- 11 光学系
- 16 透明保護基板部

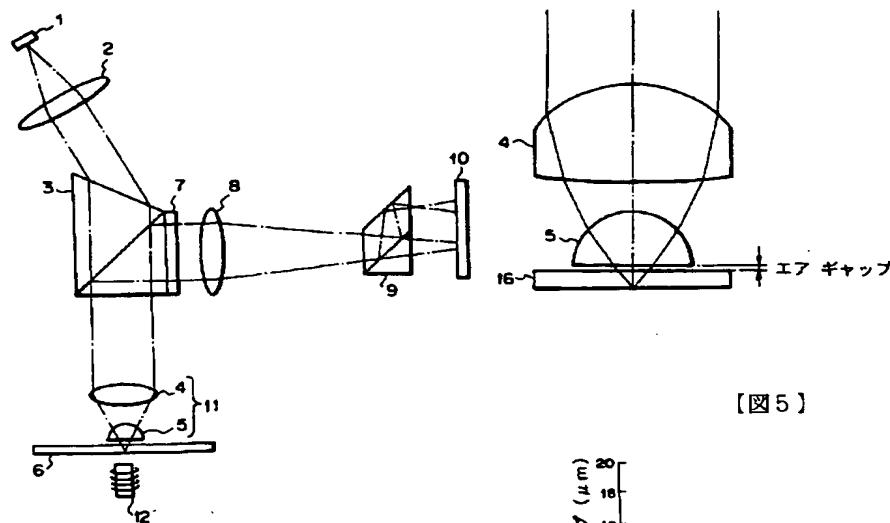
【図4】



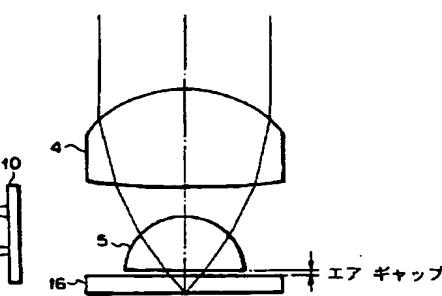
【図9】



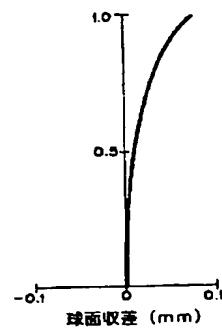
【図1】



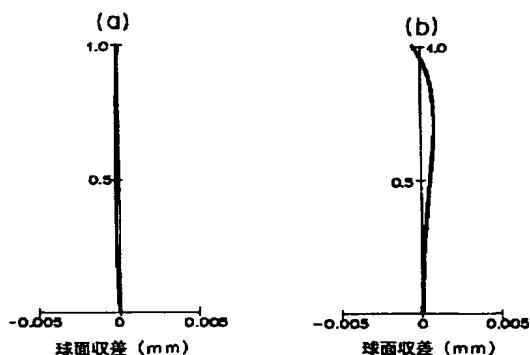
【図2】



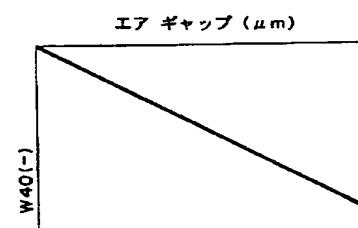
【図11】



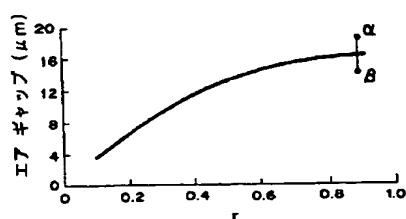
【図3】



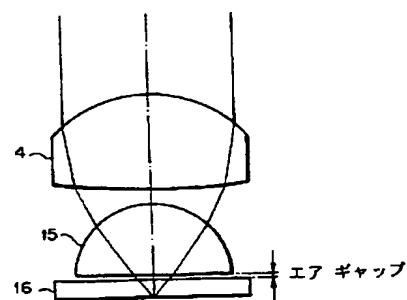
【図10】



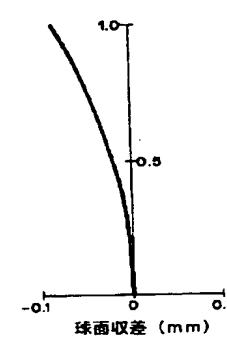
【図6】



【図7】



【図12】



【図8】

